

ROBERT LUTEREK

Nawożenie mineralne a zagadnienie odporności roślin na szkodniki owadzie

Nawożenie jest uważane dzisiaj za metodę, dzięki której zakłóconym ekosystemom można przywrócić równowagę (Baule 1975). Las jest uważany za zdrowy, gdy spełnia wyznaczone cele ekonomiczno-produkcyjne oraz społeczne. Uzyskanie tych celów może być uniemożliwione lub opóźnione przez wystąpienie roślinożernych owadów. Dlatego badania nad zależnościami między nawożeniem a występowaniem szkodliwej entomofauny są obecnie prowadzone przez entomologów wielu krajów. Szerzej o tych problemach pisze autor w innych opracowaniach (Luterek 1969 a, b, c, 1972, 1973).

Wpływ nawożenia lasu na występowanie szkodliwej entomofauny

Istnieje wiele doniesień opisujących różnice w populacjach owadów na obszarach nawożonych i nie nawożonych (Schindler 1967, Merker 1969, Luterek 1969 a, b, c, 1973, Thalenhorst 1972 a, b, 1974). Wykazano m. in., że reakcja larw żerujących na liściach i igłach drzew nawożonych różni się od reakcji owadów wysysających i chrząszczy z kory. A oto najnowsze wyniki badań w tym zakresie.

Wpływ nawożenia na żerujące na liściach i igłach larwy motyli i niektórych błonkówek z rodziny *Tenthredinidae*

Nawożenie azotem, fosforem i wapniem powoduje zmniejszenie populacji wymienionych owadów. Jednakże populacje te zwiększały się w wypadku nawożenia potasem i pewnymi mikroelementami (Baule i Fricker 1967, Thalenhorst 1972 a, b). Stwierdzono to na podstawie testu z *Lymantria monacha* L., *L. dispar* L., *Bupalus piniarius* L., *Rhyacionia buoliana* Schiff., *Coleophora laricella* Hb., *Diprion pini* L. i *Pristiphora abietina* Christ.

Luterek (1969 a), badając śmiertelność larw *Dendrolimus pini* L.,

Bupalus piniarius L. i *Gilpinia pallida* Kl., żerujących na sosnach mineralnie nawożonych, nie stwierdził w badaniach terenowych zależności między nawożeniem a śmiertelnością wyżej wymienionych owadów. W badaniach laboratoryjnych, w wariantach nawożenia potasem oraz fosforem, zaobserwował śmiertelność wyższą niż w wariantach kontrolnych dla wszystkich trzech gatunków.

Negatywne wyniki otrzymano również w następujących testach: drzewostany świerkowe nawożono dawką 200 kg N/ha. Nie stwierdzono wyraźnej różnicy w populacjach larw *Pristiphora abietina* na powierzchniach nawożonych i nienawożonych (Schwerdtfeger 1970). Inny test z tym samym gatunkiem także nie dał wyraźnych wyników (Gussone i Zöttl 1975). W tym wypadku nawożono powierzchnie 100 kg N/ha lub pełnym nawożeniem (NPR). Doniesienia o wpływie nawożenia na *Rhyacionia buoliana* różnią się. O zmniejszeniu populacji donosili: Merker i Büttner (1959), Nef (1967), Schindler i Baule (1964), Schindler (1967), Wallenstein (1973). O zwiększeniu populacji pisali: Eidmann i Ingestad (1963) oraz Burzyński (1966). Populacje zwójki badane na nawożonych terenach Puszczy Noteckiej nie wykazały istotnych różnic na tych arealach (Luterek 1972).

Przyczyny omawianych różnic można określić na podstawie badania poszczególnych arealów. Na powierzchniach nieodpowiednich dla *Pinus silvestris* warunki życia dla owadów były również nieodpowiednie. Lepsze na skutek nawożenia sosen warunki powodują zwiększanie się populacji szkodników. Przy dalszym nawożeniu odporność drzew wzrosła, a populacja szkodników zmniejszyła się (Eidmann 1963). Merker (1969) stwierdził, że w wypadku testów z negatywnymi wynikami ilość nawozów nie była wystarczająca.

Jak widać z tych przykładów, trudno wyciągać wnioski ogólne, a wyniki mogą odnosić się jedynie do określonych warunków środowiska (klimat, gleba).

Testy przeprowadzone w Belgii wykazały, że europejska populacja *Rhyacionia buoliana*, żerując na pędach sosnowych, zmniejszała się po nawożeniu potasem (Nef 1967). W USA nawożenie czystym azotem nie wywarło wpływu na liczebność szkodnika. Nie zmniejszyły również jej liczebności fosforany, a nastąpiło to dopiero po dodaniu potasu (Pritchett i Smith 1972).

Thalenhorst (1972 a, b) i Wallenstein (1973) badali inne gatunki żerujące na igłach: *Eucosma tedella* Cl. (*Tortricidae*) i *Pristiphora ambigua* Fall. (*Tenthredinidae*). Wallenstein stwierdził, że nawożenie młodych sosen (*Pinus silvestris*) kompostem spowodowało 50% zmniejszenie liczebności populacji *Brachyderes incanus* L. (*Curculionidae*).

Wpływ nawożenia na owady wysysające soki i roztocze

O ile nawożenie azotem zmniejsza populację owadów ogałających drzewo z liści, o tyle powoduje zwiększenie populacji owadów wysysających soki. Natomiast nawożenie potasem zmniejsza populację owadów wysysających soki. W konsekwencji zwiększeniu populacji wskutek nawożenia azotem można częściowo przeciwdziałać przez stosowanie nawożenia potasem (Baule 1975). Brüning i Uebel (1968) uzyskali podobne wyniki w doświadczeniach laboratoryjnych i terenowych z *Eulecanium corni* Behe. i *Eulecanium rufulum* Ckll. (Coccidae) na drzewie świętojańskim i dębie czerwonym.

Merker (1969) zauważył, że: „Nie stwierdzono jednolitego wpływu nawożenia na mszyce. Na niektóre mszyce, występujące na jodle, nawożenie nie wywiera w ogóle wpływu. Wpływ na inne (np. *Lachnidae*) nie może być uogólniany, jest on czasem negatywny, ale nie zawsze. U niektórych mszyc może zachodzić ogromne zwiększenie liczebności populacji, gdy drzewa, na których występują, były nawożone”.

Nawożenie azotem pobudza także wzrost populacji roztoczy. Thalenhorst (1972 a, b) badał roztocze świerka *Oligonychus ununguis* Jac., mszyce korowe (*Lachnidae*), mszyce galasu świerka (*Sacchiphantes abietis*) oraz *Eucosma tedella* Cl. (*Tortricidae*) i *Pristiphora ambigua* Fall. (*Tenthredinidae*). Wyniki jego doświadczeń nad wpływem różnych wariantów nawożenia na wyżej wymienione owady przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wpływ nawożenia na liczebność owadów świerka

Wpływ	<i>Oligonychus ununguis</i>	<i>Lachnidae</i>	<i>Sacchiphantes abietis</i>	<i>Eucosma tedella</i>	<i>Pristiphora ambigua</i>
Wyraźnie negatywny	nie nawożony PK	nie nawożony		NK, NP	nie nawożony
Nieznacznie negatywny		PK, NK	PK nie nawożony	NPK	NPK
Niewyraźny	NK		NK, NP		
Nieznacznie pozytywny		NP	NPK	nie nawożony	PK, NK
Wyraźnie pozytywny	NP, NPK	NPK		PK	NP

Analizując tabelę, można stwierdzić co następuje:

a. Rozwój populacji *Lachnidae* i *Oligonychus ununguis* zostaje pobudzony przez NPK i NP, nawożenie PK wykazuje większe działanie hamujące niż nawożenie NK, co jest zgodne z ogólną regułą.

b. *Sacchiphantes abietis* wykazuje nieznaczną reakcję na nawożenie.

c. *Eucosma tedella* jest hamowana przez kombinację NK i NP oraz NPK, lecz jest pobudzana przez nawożeniem PK, co jest zgodne z ogólną regułą.

d. *Pristiphora ambigua* jest pobudzana przez wszystkie nawozy.

Wyników dotyczących wpływu nawożenia na owady żerujące na liściach i na mszyce nie można uogólniać. Konieczne są dalsze metodyczne badania.

Wpływ nawożenia na chrząszcze żyjące pod korą

Chrząszcze żyjące pod korą muszą być omawiane oddzielnie ze względu na specyficzną reakcję na nawożenie mineralne. Podatność drzew na atak tych chrząszczy zależy od ciśnienia osmotycznego drzew.

Przez nawożenie seletrą wapniową (100 kg/ha) w drzewostanach szpilkowych zwiększono ciśnienie osmotyczne drzew do tego stopnia, że ataki *Ips typographus* L., *Pityokteines curvidens* Germ. i pokrewnych gatunków zostały powstrzymane. Według Merkera (1969) wpływ ten trwał w przybliżeniu 4 - 5 lat.

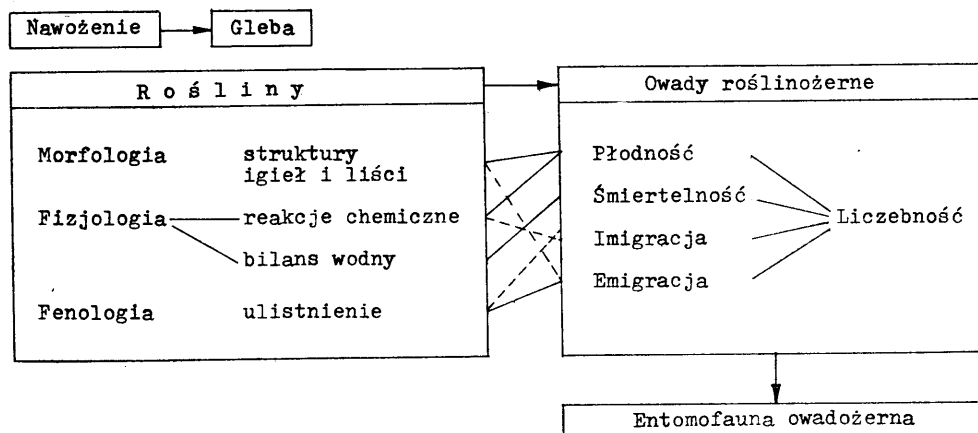
Nawożenie na wiosnę zapobiega powstaniu pierwszego pokolenia korników. Gradacje korników mogą być odparte przez wysoką turgorescencję z wysokimi wartościami ciśnienia osmotycznego, jakie powstają wskutek nawożenia. U drzew iglastych występuje dodatkowy czynnik, jakim jest zwiększone wydzielanie żywicy przez atakowane drzewa. Kiedy żery są małe, wzrastająca turgorescencja niszczy jaja i larwy korników. Osmotyczne działanie nawożenia może zniszczyć jaja i larwy korników w ciągu 24 - 49 godzin.

Przyczynowe związki: nawożenie — roślina — szkody wyrządzone przez owady

Wskutek nawożenia powstają w roślinie zmiany, mające przede wszystkim charakter fizjologiczny oraz w mniejszym stopniu morfologiczny i fenologiczny. Rycina 1 przedstawia zmiany, które w sposób zauważalny wpływają na owady.

Liczebność entomofauny jest zmienna. Jak wiadomo, zwiększenie populacji to funkcja płodności i imigracji, zmniejszenie zaś jest zależne od śmiertelności i emigracji.

Z punktu widzenia badacza zajmującego się ustaleniem zależności między nawożeniem a owadami jednym z najważniejszych problemów jest określenie, w jaki sposób dynamika populacji owadów roślinożernych podlega wpływowi zmian zaszłych pod wpływem nawożenia w roślinie pokarmowej.



Ryc. 1. Wpływ nawożenia (według Bogenschütza i Königa 1976)

Wpływ zmian fizjologicznych

Nawożenie wywołuje zmiany w metabolizmie roślin, które wyrażają się np. w przesunięciu stosunku ilościowego białek do węglowodanów w igłach i liściach, na korzyść białek (Schwenke 1961). Wysłunięto przypuszczenie, że w wyniku tego zjawiska zawartość substancji odżywczych liści zmniejsza się.

Jednak poglądu takiego nie podzielają Eidmann (1963) ani Merker (1969). Ostatnio Lunderstädt i Hope (1975), badając wartość odżywczą igieł świerkowych dla larw *Gilpinia harcyniae* Htg., nie znaleźli dowodu na to, że stosunek ilościowy między białkami a węglowodanami był czynnikiem określającym wartość odżywczą igieł. Luterka (1969 a) nie stwierdził zasadniczych zależności między stanem ilościowym cukrów w igliwiu sosnowym a śmiertelnością szkodników. Bez wątpienia należy przyjąć twierdzenie, że każda zmiana wartości odżywczej roślin gospodarzy wywiera jakiś wpływ na płodność i poprzez nią na liczebność roślinożernych owadów (Schwerdtfeger 1963, 1968).

Olejki eteryczne: fenole i terpeny oraz woski odgrywają ważną rolę w odporności roślin na ataki szkodników. Rudnev (1962) uważa, że odporność drzewostanów przeciw gradacyjnym szkodnikom leśnym jest zależna od zawartości w roślinach substancji obronnych trujących dla młodych larw i gąsienic. Substancjami tymi są przede wszystkim olejki eteryczne. Badacz ten ustalił, że największy wpływ na stan olejków w igliwiu ma nawożenie azotowe. Badania Luterka potwierdziły tezę Rudneva o zwiększaniu ilości olejków eterycznych pod wpływem nawożenia azotowego, jednak nie stwierdził on prostej i bezpośredniej zależności

między stanem ilościowym olejków a śmiertelnością gąsienic i larw niektórych szkodników sosnowych.

Postner (1974), badając chrząszcze żyjące pod korą, wykazał działanie przyciągające frakcji lotnych drzew szpilkowych (monoterpenów) na te owady, szczególnie gdy została zmniejszona ilość dostępnej wody. Również atak *Evetria buoliana* Schiff. jest zależny od pewnych olejków eterycznych (Smeljanez 1974). Należy pamiętać, iż z powyższymi procesami wiąże się zagadnienie bilansu wodnego rośliny. Liczni autorzy przyjmują, że nawożenie zwiększa zawartość wody w glebie. Eidmann (1963) stwierdził, że drzewa, pod działaniem wysokiego poziomu azotu, reagowały redukcją ekspansji korzeni, dlatego całkowita pojemność wody absorbowanej przez roślinę była raczej zmniejszona niż zwiększona. Pewne jest, że ciśnienie osmotyczne u drzew szpilkowych, które zostały zaatakowane, lecz tylko nieznacznie uszkodzone, zwiększa się jako rezultat nawodnienia, a także nawożenia. Larwy chrząszczy podkorowych obecne w drzewie przed nawożeniem reagują na taką zmianę pochłanianiem wody, pęcznieniem, a następnie ginięciem (Merkel 1969). Działanie obronne żywicy jest także zależne od obecności wody w tkankach drzew. Podczas ataku owadów silny wyciek żywicy może spowodować ich zniszczenie lub rozproszenie.

Na podstawie przytoczonych powyżej tez i wyników badań należy przyjąć, iż nawożenie przez zmianę stanu fizjologicznego rośliny żywicielskiej może wpływać ujemnie bądź dodatnio na rozwój szkodników owadzich w zależności od określonych warunków środowiska.

Wpływ zmian morfologicznych

Poprzez nawożenie wpływamy na zmianę metabolizmu roślin, co jednocześnie wpływa na formę i strukturę roślin. Thalenhorst (1972a, b), badając wpływ nawożenia na strukturę igieł świerka, stwierdził, że zawartość, długość i grubość oraz szerokość szparek oddechowych wykazywały dużą zmienność między poszczególnymi drzewami. Jakkolwiek wszystkie zmiany wywołwane przez każdy z badanych egzogenicznych czynników — środowisko, warunki klimatyczne i nawożenie, mieściły się w granicach osobniczej zmienności, to zmiany w strukturze igieł wskutek nawożenia były wyraźne (tabela 2).

W pewnych przypadkach Thalenhorst mógł zidentyfikować funkcję mechanizmów odporności drzewa żywicielskiego. Na przykład *Eucosma tedella* do składania jaj wybiera pędy z igłami o dużej grubości. Te cechy igieł zostają zredukowane przez nawożenie azotem. W ten sposób nawożenie bezpośrednio wywiera wpływ na instynktowny mechanizm orientacji owada.

Tabela 2. Zależność między nawożeniem a cechami igieł świerkowych (według Thalenhorsta 1972 a, b)

Nawożenie	Zwartość igieł	Długość igieł	Grubość igieł	Szparki oddechowe
Nie nawożony, PK	wysoka	niska	średnia	wąskie
NK, NP	średnia	średnia	niska	większe
NPK	niska	wysoka	średnia	większe

F ü h r e r (1967) wykazał, że struktura szparki oddechowej — miejsca wnikania larw *Epiblema tedella* Cl. — zmieniała się na poszczególnych drzewach. Możliwe, że te mechaniczne różnice są spowodowane cechami środowiska. Jeżeli tak, to również nawożenie może pośrednio wpływać na ten typ morfologicznej zmiany.

L u t e r e k (1969a), analizując śmiertelność larw szkodników sosnowych, nie stwierdził wpływu na nią struktury siewek sosny. Przy dość dużych różnicach w długości i średnim ciężarze igieł różnice wahań śmiertelności były nieistotne lub w ogóle nie występowały. Być może w określonych warunkach siedliskowych, w odpowiednim czasie i w ścisłym powiązaniu roślina—szkodnik, struktura może wywierać istotny wpływ na owada, jednak do tej pory nie zostało to potwierdzone.

Wpływ zmian fenologicznych

Trzecim rodzajem zmian wywoływanych w roślinach przez nawożenie są zmiany fenologiczne, które mogą wywierać wpływ na liczebność populacji szkodników owadzych.

T h a l e n h o r s t (1972a, b) wykazał, że na świerkach nawożonych azotem pączki otwierały się wcześniej niż na drzewach nie nawożonych. Samice *Pristiphora abietina* składają jaja na pączkach nierozwiniętych, na których łuski wprawdzie już odpadły, ale igły tworzą jeszcze zwarte pęki. Ponieważ samice składają jaja w określonym czasie skorelowanym z normalnym terminem otwierania się pączków, a nawożenie wywiera wpływ na przesunięcie tego terminu, samice zostają zmuszone do rozproszenia się i poszukiwania drzew o późniejszym okresie rozwoju. Zmiana terminów otwierania się pączków, która daje świerkom chwilową odporność na atak, może być także spowodowana przez warunki wodne. Zjawisko to może zwiększyć śmiertelność mniej ruchliwych owadów lub stadiów larwalnych.

W przypadku *Sacchiphantes abietis* istnieje zależność między odpornością świerków na atak mszyc powodujących powstanie galasu a terminem otwierania się pączków oraz rozwojem mszyc.

Terminy występowania określonego stadium rozwojowego mszyc i ter-

miny otwierania się pączków są skoordynowane ze sobą. Jeżeli u niektórych drzew kordynacja ta jest wadliwa, to drzewa te stają się odporne na mszyce (Bischoff, Ewert, Thalenhorst 1969).

Można zatem powiedzieć, że mimo licznych prac prowadzonych w tym zakresie problem pozostaje nadal otwarty, a badania nad tymi zagadnieniami należy kontynuować ze szczególnym uwzględnieniem wpływu, jaki nawożenie lasu wywiera na stan rośliny żywicielskiej, a poprzez nią na rozwój szkodników owadzich.

PIŚMIENNICTWO

- Baule H. 1975. Wie wirkt sich die Düngung auf die Widerstandskraft der Waldbäume aus? Forstpflanzen-Forstsamen, 15: 2 - 12.
- Baule H., Fricker C. 1967. Die Düngung von Waldbäumen. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, Basel, Wien, 269 ss.
- Bischoff M., Ewert S. B., Thalenhorst W. 1969. Untersuchungen über die Abhängigkeit der Befallsstärke der Gallenlaus *Sacchiphantes abietis* (L.) vom Austreibetyp der Fichte. Z. angew. Entomol., 64: 65 - 85.
- Bogenschutz H., König F. 1976. Relationships between fertilization and tree resistance to forest insect pests. Proc. 12th Colloq. int. Potash Inst. Izmir (Turkey).
- Brüning D., Uebel E. 1968. Düngung und Populationsdichte von Napschildläusen. Allg. Forstztg., 23: 536 - 537.
- Burzyński J. 1966. Spostrzeżenia na temat występowania owadów szkodliwych w nawożonych uprawach wydmowych. Sylwan, 110: 43 - 51.
- Eidmann H. H. 1963. Über die Beziehungen zwischen Boden und Forstschädlingen. Anz. Schädlingsk., 36: 185 - 188.
- Eidmann H. H., Ingestad T. 1963. Ernährungszustand, Zuwachs und Insektenbefall in einer Kiefernkultur auf kalkreichem, trockengelegtem Moorboden. Stud. for. suec., 12: 1 - 22.
- Führer E. 1967. Untersuchungen über die Ursachen der Befallsdisposition der europäischen Fichte gegenüber *Epiblema tedella* Cl. (Lep., Tortricidae). Z. angew. Entomol., 59: 292 - 318.
- Führer E. 1975. Überlegungen zur Wirkung resistenzsteigernder Massnahmen im Wald auf den Massenwechsel forstlicher Schadinsekten. Forstarchiv, 46: 228 - 233.
- Gussone H. A., Zöttl H. W. 1975. Die Wirkung jahreszeitlich verschiedener Düngung auf junge Fichten. Forstwiss. Centralbl., 94: 334 - 343.
- Lunderstädt J., Hoppe I. M. 1975. Zur Nahrungsqualität von Fichtennadeln für forstliche Schadinsekten. Z. angew. Entomol., 79: 177 - 193.
- Luterek R. 1969 a. Badania nad śmiertelnością larw *Dendrolimus pini* L., *Bupalus piniarius* L., *Gilpinia pallida* Kl. (= *Diprion pallida* Kl.). żerujących na sosnach mineralnie nawożonych. Pr. Kom. Nauk roln. leśn. pozn. TPN, 28: 231 - 279.
- Luterek R. 1969 b. Nawożenie mineralne a zagadnienia ochrony lasu. Ekol. pol. Ser. B, 15: 241 - 247.
- Luterek R. 1969 c. Nawożenie lasu a szkodliwa entomofauna. Las polski, 12: 14 - 15.

- Luterek R. 1972. Występowanie zwójki sosnoweczki (*Rhyacionia buoliana* Schiff.) w nawożonych uprawach sosnowych Puszczy Noteckiej. Pr. Kom. Nauk roln. Leśn. pozn. TPN, 34: 107 - 110.
- Luterek R. 1973. Nawożenie mineralne a szkodliwa entomofauna leśna. Pol. Pismo entomol., 43: 639 - 645.
- Merker E. 1969. Die Zuverlässigkeit der Bestandsdüngung gegen Waldschädlinge. Waldhygiene, 8: 1 - 100.
- Merker E., Büttner J. 1959. Die Wirkung von Mülldünger auf den Befall von Kiefernknospentriebwicklern. Allg. Forstztg., 14: 729.
- Nef L. 1967. Comparison de populations de *Rhyacionia buoliana* Schiff. en réponse à une fumure minérale. 14 IUFRO — Kongr. Ref. 5: 650 - 658.
- Postner M. 1974. *Scolytidae* (= *Ipidae*), Borkenkäfer (In: Die Forstschädlinge Europas, 2 Band). Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin: 334 - 482.
- Pritchett W. L., Smith W. H. 1972. Fertilizer responses in young pine plantations. Soil Sci. Soc. am. Proc., 36: 660 - 663.
- Rudnev D. F. 1962. Vlijanie fizjologičeskogo sostojanija rasteni na massovye razmnoženie vrediteli lesa. Zool. Ž. 41: 313 - 330.
- Schindler U. 1967. Einfluss der Düngung auf Forstinsekten. Bericht über das Kolloquium für Forstdüngung Jyväskylä (Finnland). Int. Kali-Inst. Bern. 321 - 327.
- Schindler U., Baule H. 1964. Förstliche Düngung und Kiefernknospentriebwicklerbefall. Allg. Forstztg., 19: 534 - 537.
- Schwenke W. 1961. Walddüngung und Schadinsekten. Anz. Schädlingk. 34: 129 - 134.
- Schwerdtfeger F. 1963. Autökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin, 461 ss.
- Schwerdtfeger F. 1968. Demökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin, 448 ss.
- Schwerdtfeger F. 1970. Die Waldkrankheiten. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin, 509 ss.
- Smeljanez W. P. 1974. Änderungen im physiologischen Zustand der Raupen des Kiefernknospentriebwicklers, *Evetria buoliana* Schiff. (*Lep. Tortricidae*), unter der Einwirkung natürlicher Schutzstoffe der Kiefer. Anz. Schädlingk., 47: 151 - 154.
- Thalenhorst W. 1972 a. Düngung, Wuchsmerkmale der Fichte und Wildverbiss. Z. Jagdwiss., 14: 72 - 81.
- Thalenhorst W. 1972 b. Düngung Wuchsmerkmale der Fichte und Arthropodenbefall. Aus dem Walde, 18: 1 - 248.
- Thalenhorst W. 1974. Deutsche Forstschutzliteratur. Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz, 81: 243 - 251.
- Wallenstein G. 1973. Der Forstschutz im Zeitalter des Umweltschutzes. Allg. Forst. Jagdztg., 144: 69 - 75.